



TUGAS AKHIR - TF 095565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR COOLER WATER PADA WATER SCRUBER SYSTEM BIOGAS

ALFAN CANDA PERMATA
NRP 2413.031.005

Dosen Pembimbing:
Ir. Roekmono,MT

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TF 095565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR COOLER WATER PADA WATER SCRUBER SYSTEM BIOGAS

ALFAN CANDA PERMATA
NRP 2413.031.005

Dosen Pembimbing:
Ir. Roekmono,MT

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

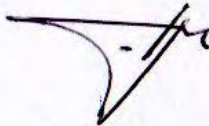
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE COOLER WATER
PADA WATER SCRUBBER SYSTEM BIOGAS
TUGAS AKHIR**

Oleh :

**ALFAN CANDA PERMATA
NRP. 2413 031 005**

**Surabaya, 15 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



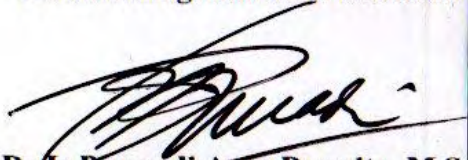
**Ir. Roekmono, MT
NIP. 19580908 198601 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika**



**Agus Muhammad Hatta, ST, MT, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002**

**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



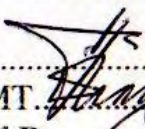
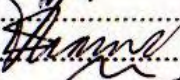
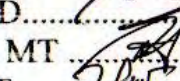


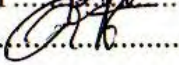
**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE COOLER WATER
PADA WATER SCRUBBER SYSTEM BIOGAS
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

**ALFAN CANDA PERMATA
NRP. 2413 031 005**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

| | | |
|------------------------------------|---|-------------------|
| 1. Ir. Roekmono, MT..... |  | Dosen Pembimbing |
| 2. Ir. Tutug Dhanardono, MT..... |  | Ketua Tim Penguji |
| 3. Ir. Harsono Hadi, MT, P.hD..... |  | Penguji I |
| 4. Arief Abdurrahman, ST, MT |  | Penguji II |
| 5. Herry Sufyan Hadi ST, MT..... |  | Penguji III |
| 6. Murry Raditya ST, MT..... |  | Penguji IV |

SURABAYA
15 Juli 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATUR *COOLER WATER*
PADA *WATER SCRUBER SYSTEM BIOGAS***

| | | |
|-------------------------|----------|---------------------------------------|
| Nama | : | Alfan Canda Permata |
| NRP | : | 2412 031 005 |
| Program Studi | : | D3 Metrologi dan Instrumentasi |
| Jurusan | : | Teknik Fisika |
| Dosen Pembimbing | : | Ir.Roekmono, MT |

Abstrak

Sistem pengendalian temperatur cooler water pada water scrubber system biogas merupakan sistem yang digunakan untuk mengendalikan temperatur pada cooler water agar stabil dengan merencanakan kontrol menggunakan Arduino uno sebagai kontrolernya. Dimana hasil pengukuran temperatur ini dapat ditampilkan pada LCD. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem pengendalian temperature cooler water dengan sensor yang dipergunakan untuk mengukur variabel temperatur adalah k-type Thermocouple dengan pengkondisian sinyal MAX6675. Hasil pengukuran temperature ini akan diolah dengan menggunakan Arduino Uno untuk menghasilkan output yang dapat mengindikasikan kondisi temperatur pada cooler water, sehingga ketika temperatur cooler water mencapai set point 15°C maka aktuator pompa air akan menyala. Temperatur cooler water akan mempengaruhi proses produksi selanjutnya. Oleh karena itu, temperature pada cooler water dikendalikan karena mempengaruhi proses purifikasi biogas.

Kata kunci: Sistem pengendalian ,*water scrubber*,*set point*,
temperature ,*termocouple*,*arduino uno*

DESIGN TEMPERATURE CONTROL SYSTEM

COOLER WATER ON THE WATER SCRUBBER SYSTEM BIOGAS

Name : **Alfan Canda Permata**
NRP : **2412 031 005**
Study program : **Diploma Program of Metrology and
Instrumentation**
Department : **Engineering Physics FTI-ITS**
Dosen Pembimbing : **Ir.Roekmono, MT**

Temperature control cooler water at water scrubber system biogas is a system used to control the temperature at purification biogas with the planned control using arduino kontrolernya uno as. Where the results of measuring temperature this can be displayed on lcd .On the task of the end of this is done design a system of temperature control cooler water with sensors which used to measure temperature is variable k-type thermocouple with conditioning signal MAX6675. The results of the measurement of temperature is to be processed using arduino uno to produce outputs that can indicate temperature conditions in the cooler water, so when the temperature of a cooler water output reached set point 15 °C then the water pump will turn actuator. The temperature of a cooler water will will affect the production process further. Because of it, temperature in a boiler will remain stable approaching set point. Therefore, the temperature at the water cooler is controlled because it affects the biogas purification process.

Keywords: *Control sistem ,water scrubber,set point, temperature ,thermocouple,arduino uno*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi kesehatan dan hidayah sehingga kami bisa menyelesaikan tugas akhir dan laporan ini. Salawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaatnya kelak di akhirat.

Selain itu tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang telah mendukung dan memotivasi sampai selesainya tugas akhir ini.
2. Agus Muhamad Hatta, ST, M.Si, Ph,D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS
3. Bapak Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc selaku Ketua Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi – ITS
4. Ibu Ir. Apriani Kusumawardhani. M.Sc. selaku dosen wali kami
5. Bapak Ir. Roekmono , MT selaku dosen pembimbing kami
6. Bapak Arief Abdurrahman, ST, MT selaku dosen penelitian purifikasi Biogas
7. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi
8. Kawan-kawan TEAM BIOGAS TW-114 yang telah bersama-sama berjuang mengerjakan tugas akhir power plant ini.
9. Keluarga REAL SPAIN Workshop Instrumentasi 2013 yang telah mendukung tugas akhir dan berjuang bersama selama ini.
10. Pengurus dan staff Workshop Instrumentasi 2016/2017
11. Para alumni yang telah memberi banyak saran, motivasi, pengalaman dan bantuan selama proses pengerjaan.
12. Rekan-rekan D3 Metrologi dan Instrumentasi dan Teknik Fisika – ITS angkatan 2013.
13. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini sampai selesai

Sekian yang bisa kami sampaikan. Semoga isi laporan dari hasil pengerjaan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua baik di masa kini maupun masa depan. Kami juga menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk kami memohon maaf atas segala kesalahan baik dalam pengajuan proposal, pengerjaan, hingga penyusunan laporan ini.

Surabaya, 18 juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL I | i |
| HALAMAN JUDUL II | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN I | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN II | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Permasalahan | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Manfaat | 3 |
| BAB II TEORI PENUNJANG | |
| 2.1 Sistem Pengendalian Proses | 5 |
| 2.2 Arduino | 7 |
| 2.3 Termokopel (<i>thermocouple</i>) | 8 |
| 2.4 Sistem Pengendalian | 10 |
| 2.5 Sensor dan Transmitter | 14 |
| 2.6 Modul <i>relay</i> | 15 |
| 2.7 LCD 16X2 | 16 |
| BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT | |
| 3.1 Perancangan Sistem | 19 |
| 3.2 Perancangan Sistem Pengendalian | 21 |
| 3.3 Pembuatan <i>Hardware</i> | 21 |
| 3.4 Perancangan <i>Software</i> | 27 |
| BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS | |
| 4.1 Pengujian Sensor <i>Pressure Transmitter</i> | 31 |
| 4.2 Pengujian Sistem Pengendalian <i>Pressure</i> | 33 |
| 4.3 Pembahasan | 35 |
| BAB V PENUTUP | |

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 37 |
| 5.2 Saran..... | 37 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Diagram Blok Aliran Proses Pengendalian..... | 7 |
| Gambar 2.2 | <i>Microcontroller</i> Arduino Uno..... | 7 |
| Gambar 2.3 | Prinsip Kerja Thermokopel..... | 8 |
| Gambar 2.4 | Diagram Blok <i>Close Loop</i> | 11 |
| Gambar 2.5 | Diagram Blok <i>Open Loop</i> | 12 |
| Gambar 2.6 | Sinyal Digital | 13 |
| Gambar 2.7 | Diagram Blok <i>Cascade Control</i> | 14 |
| Gambar 2.8 | Modul <i>Relay</i> | 16 |
| Gambar 2.9 | LCD 16x2..... | 17 |
| Gambar 3.1 | <i>Flowchart</i> Sistem | 19 |
| Gambar 3.2 | Diagram Blok Sistem Pengendalian <i>Close Loop</i> | 21 |
| Gambar 3.3 | Purifikasi <i>Biogas Plant</i> | 22 |
| Gambar 3.4 | <i>Thermocouple</i> | 23 |
| Gambar 3.3 | <i>Arduino Uno</i> | 24 |
| Gambar 3.4 | <i>XLD PUMPS</i> | 25 |
| Gambar 3.5 | Modul <i>RelayVer: 2R1B</i> | 25 |
| Gambar 3.6 | <i>Indikator LCD 16x2</i> | 36 |
| Gambar 3.7 | <i>Code</i> pada Arduino 1.0.6 | 27 |
| Gambar 3.8 | <i>Serial Monitor</i> Arduino 1.0.6..... | 28 |
| Gambar 4.1 | Grafik Uji Sensor Pembacaan Naik | 32 |
| Gambar 4.2 | Grafik Uji Sensor Pembacaan Turun | 32 |
| Gambar 4.3 | Pembacaan Termokopel Pada Sistem | 34 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 Konfigurasi MAX6675 dengan Arduino | 24 |
| Tabel 4.1 Hasil Uji Sensor Pembacaan Naik..... | 41 |
| Tabel 4.2 Hasil Uji Sensor Pembacaan turun | 43 |
| Tabel 4.3 Pembacaan Thermocouple pada sistem..... | 46 |
| Tabel 4.4 Respon Pompa air Terhadap Nilai Temperature..... | 32 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan manusia akan sumber energi fosil yang tidak terbarukan sudah harus dihindari pada saat ini. Memang semakin tahun akan makin bertambah total kebutuhan energi yang digunakan, pada tahun 2011 konsumsi minyak di Indonesia mencapai 65,5 juta KL dan pada tahun 2012 sudah mencapai 72,2 juta KL (Statistik Migas ESDM, 2013)^[2]. Oleh karena itu munculah beberapa opsi sumber energi yang terbarukan. Dalam hal ini adalah sumber energi yang berasal dari alam langung dan dapat diperbarui. Beberapa sumber energi alternative yang mulai umum digunakan adalah cahaya matahari, angin, arus laut, air, serta energi yang berasal dari makhluk hidup seperti biomassa dan biogas.

Biogas merupakan suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen . Biogas juga merupakan gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Proses metanisasi menghasilkan gas yang kaya akan metan dan slurry. Gas metan dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkitan energi sedangkan slurry dapat digunakan sebagai kompos.

Biogas dihasilkan dari proses anaerobik dan terdiri dari unsur utama berupa metana(CH_4) dan karbon dioksida(CO_2), dan beberapa unsur yang lain, seperti hidrogen sulfida(H_2S), amonia(NH_3), hidrogen(H_2), nitrogen(N_2), karbon monoksida(CO) ,jenuh atau terhalogenasi karbohidrat, dan oksigen(O_2). Biogas dapat juga mengandung partikel debu dan siloksan[3]. Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik biasanya sekitar 60- 70 % CH_4 , sekitar 30 -40% CO_2 , kurang dari1% N_2 , dan sekitar 10 -2000 ppm H_2S [4]. Gas metana (CH_4) merupakan unsur primer dan menjadi parameter utama dalam menentukan kualitas hasil produksi pengolahan biogas. Hal

ini karena energi yang ada dalam biogas bergantung dari konsentrasi gas metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan gas metana, maka semakin besar kandungan energi kalor pada biogas.

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang sudah mulai digunakan dalam berbagai kebutuhan, terutama di wilayah pedesaan Indonesia. Penggunaan biogas saat ini juga disertai dengan beragam metode purifikasi untuk meningkatkan kualitas biogas. Salah satu metode purifikasi yang digunakan adalah sistem *water scrubber* yang bertujuan untuk mereduksi kadar H_2S dan mengurangi *particulate matter* yang terkandung dalam biogas. (Arief Abdurrahman, 2012)^[5]

Dari penelitian diatas (Arief ,2012) yaitu tentang water scrubber di dalam penelitian tersebut .hanya menggunakan air dengan suhu normal .Hasil metan dari alat tersebut kurang maksimal dikarenakan masih menggunakan air biasa didalamnya ,maka dari itu pada tugas akhir kali ini menambahkan alat pendingin air yaitu cooler untuk memaksimalkan gas metan yang ada.Dengan adanya cooler water maka suhu air akan dikendalikan ketika set point suhu tertentu ,maka dari itu diperlukan sistem pengendalian temperature cooler water diadalamnya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusuan masalah dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara membuat sistem pengendalian temperature *cooler water*
- b. Bagaimana cara merancang program Arduino untuk sistem pengendalian temperature *cooler water*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 metrologi dan instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

- a. Membangun sistem pengendalian temperature cooler water berbasis *mikrokontroler arduino*

- b. Mengetahui cara mengintegrasikan program Arduino untuk sistem pengendalian temperature *cooler water*
Batasan Permasalahan

Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah :

- a. Sistem ini hanya mengontrol satu variabel yang berupa temperatur pada loop pengendaliannya.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu :

1. Tugas akhir ini dapat dijadikan untuk bekal bagi peserta untuk kedepannya dalam menghadapi dunia tentang industri yang terkait dengan sistem kontrol pada *power plant*.
2. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan bagi adik tingkat di program studi D3 Metrologi dan Instrumentasi tentang sistem kontrol instrumentasi.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Sistem Pengendalian Proses

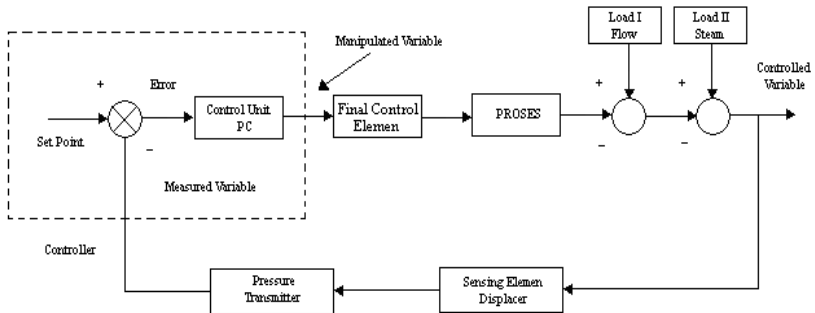
Hampir semua proses di industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak hanya diperlukan demi kelancaran operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Suatu proses industri tidak akan dapat dijalankan tanpa bantuan sistem pengendalian. Parameter – parameter yang umum dikendalikan dalam suatu proses adalah tekanan (*pressure*), laju aliran (*flow*), suhu (*temperature*) dan permukaan zat cair (*level*). Gabungan serta alat – alat pengendalian otomatis itulah yang disebut sistem pengendalian proses (*process control system*). Sedangkan semua peralatan yang membentuk sistem pengendalian tersebut disebut instrumentasi pengendalian proses (*process control instrumentation*).

Istilah – istilah yang perlu diketahui dalam sistem otomatis adalah sebagai berikut:

- a. **Proses** : tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu, contohnya *level* tangki.
- b. **Controlled Variable** : besaran atau variabel yang dikendalikan. Besaran ini pada diagram kotak disebut juga dengan output proses atau *level* tangki..
- c. **Manipulated Variable** : input dari suatu proses yang dapat di manipulasi agar *controlled variable* sesuai dengan set point-nya.
- d. **Disturbance** : besaran lain (selain *manipulated variable*) yang dapat menyebabkan berubahnya *level* tangki diatas dari tangki yang dikendalikan
- e. **Sensing Element** : bagian paling ujung suatu sistem pengukuran, seperti *sensor level*.
- f. **Transmitter** : untuk membaca sinyal sensing element dan mengubah sinyal yang dapat dipahami oleh kontroller seperti *signal conditioning* (SC).
- g. **Tranducer** : unit pengalih sinyal.

- h. **Measurement Variable** : sinyal yang keluar dari transmitter. Jika dalam pengendalian *level*, sinyal yang keluar adalah berupa *level*.
- i. **Set Point** : besar *process variable (level)* yang dikehendaki.
- j. **Controller** : elemen yang melakukan tahapan mengukur - membandingkan - menghitung - mengkoreksi. *Proporsional Integral Derivatif (PID)* salah satu *controller* yang sering digunakan dalam industri.
- k. **Final Control Element** : bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian yang berfungsi untuk mengubah *measurement variable* dengan cara *manipulated variable*, berdasarkan perintah pengendali. Salah satu *final control element* yang digunakan dalam pengendalian *level* adalah *motorized valve*^[3].

Secara garis besar suatu rangkaian pengendalian proses dibagi menjadi 4 langkah, yaitu mengukur – membandingkan - menghitung – mengkoreksi. Langkah pertama yaitu mengukur, mengukur merupakan tugas dari sensor. Langkah berikutnya adalah membandingkan apakah hasil pengukuran dari sensor sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki. Apabila terjadi ketidaksesuaian antara *set point* dengan hasil pengukuran maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan aksi apa yang dilakukan supaya sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Pada langkah kedua dan ketiga ini adalah tugas dari pengendali. Langkah terakhir adalah melakukan pengkoreksian yang merupakan tugas dari aktuator.



Gambar 2.1 Diagram Blok Aliran Proses Pengendalian

2.2 Arduino

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis AMEGA 328(datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untukmenjalankannya.

Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 hingga versi R2) diprogram sebagai konverter USB-to-serial.Revisi 2 dari dewan Uno memiliki resistor menarik garis 8U2 HWB ke tanah, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.



Gambar 2.2 Microcontroller Arduino Uno

2.3 Termokopel (*Thermocouple*)

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek “*Seeback*”.

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (*Temperature*). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Untuk lebih jelas mengenai Prinsip Kerja Termokopel, mari kita melihat gambar dibawah ini



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Termokopel^[4]

Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya, yaitu :

- Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)
Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu -200°C hingga $+1200^\circ\text{C}$.
- Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy).
Tipe E memiliki output yang besar ($68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah, tipe E adalah tipe non magnetik.
- Tipe J (Iron / Constantan)
Rentangnya terbatas (-40 hingga $+750^\circ\text{C}$) membuatnya kurang populer dibanding tipe K
- Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy))
Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200°C . Sensitifitasnya sekitar $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ pada 900°C , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka

adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300^\circ\text{C}$).

- Type B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh) dapat mengukur suhu di atas 1800°C . Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0°C hingga 42°C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50°C
- Type R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium) dapat mengukur suhu di atas 1600°C . sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum
- Type S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium) dapat mengukur suhu di atas 1600°C . sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43°C)
- Type T (Copper / Constantan)
Cocok untuk pengukuran antara -200 hingga 350°C . Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari konstantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

2.4 Sistem Pengendalian

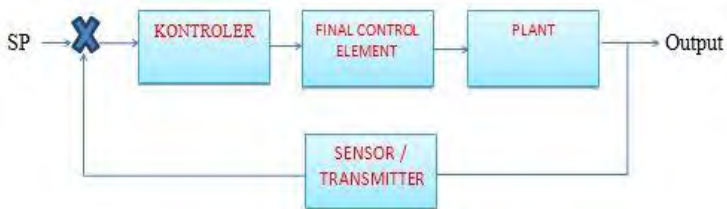
Sistem pengendalian merupakan sebuah sistem yang mempertahankan sebuah nilai keluaran dari suatu variabel proses sesuai dengan yang diinginkan (*set point*). Tujuan dari sistem pengendalian yaitu untuk menjaga kualitas dan kuantitas suatu proses. Ada beberapa alasan sebuah industri memerlukan suatu sistem pengendalian. Pertama, karena sistem ini dapat mengurangi *human error* yang dihasilkan pada saat pengoperasian sistem dan meningkatkan tingkat keamanan bagi pekerja. Kedua, sistem otomatis dari sistem pengendalian mengurangi jumlah operator sehingga akan menekan biaya pengeluaran perusahaan. Ketiga, menerapkan sistem ini tentu

akan lebih efisien karena dengan menggunakan kontrol, maka setiap perubahan akan direspon lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan operator manual.

Terdapat beberapa jenis sistem pengendalian. Dalam hal ini terdapat berbagai klasifikasi sistem pengendalian. Salah satunya yaitu *On-Off control system* dan *modulating control system*. Sistem pengendalian On-Off biasa dikenal sebagai sistem pengendalian digital, *binary*, diskrit, dan juga sekuensial. Sedangkan *modulating control system* meliputi seperti sistem pengendalian analog dan kontinyu^[3]. Ada pula sistem pengendalian bertingkat seperti *cascade*, *ratio*, *feedforward*, maupun *split range*. Selain itu terdapat pula sistem pengendalian *open loop* dan *close loop*. Semua jenis sistem pengendalian tersebut memiliki ciri dan fungsi masing-masing. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya suatu sistem pengendalian, maka dapat diperoleh suatu nilai (kuantitas) dari variabel proses yang diinginkan secara otomatis sebagaimana sistem ini telah banyak digunakan di dunia industri seperti pada bidang *geothermal*, *oil and gas*, pabrik – pabrik, dan lain – lain.

2.4.1 Sistem Pengendalian *Close - Open Loop*

Secara umum sebuah sistem pengendalian divisualisasikan berupa diagram blok seperti gambar berikut untuk mengetahui *loop* dari sistem. Adapun contoh dari diagram blok yaitu pada sistem pengendalian *close loop* dan *open loop*.



Gambar 2.4 Diagram Blok *Close Loop*



Gambar 2.5 Diagram Blok *Open Loop*

Dalam sistem pengendalian tertutup, sistem ini terdiri dari tiga elemen penting yaitu kontroler, *final control element*, dan sensor atau *transmitter*. Ketiga elemen tersebut saling berkaitan dengan sebuah *plant* yang merupakan tempat berlangsungnya fluida baik fluida cair atau gas yang sedang dikendalikan. Sensor atau *transmitter* digunakan untuk mengukur kuantitas variabel proses pada sebuah *plant* dan kemudian akan mentransmisikannya ke kontroler. Apabila nilai yang diperoleh tidak memenuhi yang diinginkan (*set point*), maka *final control element* akan memanipulasi kuantitas variabel proses tersebut atas instruksi yang diberikan kontroler sehingga mencapai *set point* atau error sama dengan nol. Proses ini akan berjalan terus menerus hingga *set point* tercapai. Sedangkan untuk pengendalian terbuka dapat dikatakan bila sistem pengendalian ini tidak membutuhkan sensor atau *transmitter*. Perbedaan antara keduanya adalah sistem *close loop* memerlukan *feedback* (umpan balik berupa sensor atau *transmitter*). Sedangkan pada sistem *open loop* tidak.

2.4.2 Sistem Pengendalian *On-Off*

Sistem pengendalian *on-off* merupakan sistem pengendalian yang hanya memiliki *final control element* dengan dua kondisi saja, yaitu nyala dan mati saja. Sistem ini biasa disebut dengan sistem digital, karena dapat digambarkan dalam bentuk biner (0 dan 1). Pada kondisi *active high*, 0 adalah kondisi mati dan 1 nyala. Sebaliknya pada *active low*, 0 adalah kondisi hidup dan 1 mati.



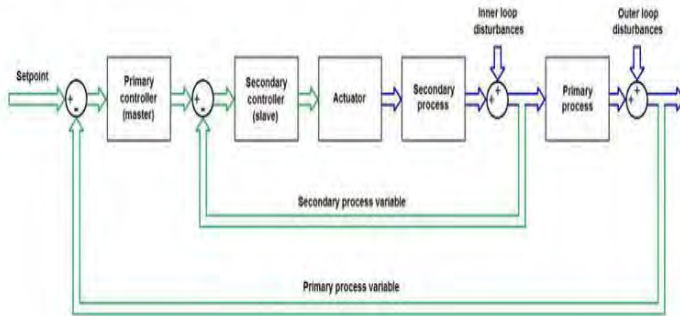
Gambar 2.6 Sinyal Digital

Sistem ini dapat berasal dari sensor analog maupun sesama digital. Pada umumnya aplikasi mode kontrol ini yaitu untuk keperluan *safety*. Namun juga dapat digunakan untuk proses. Bergantung pada cara pengkondisiannya. Kontroler yang digunakan dapat berupa PLC maupun mikrokontroler.

2.4.3 Sistem Pengendalian *Cascade*

Sistem *cascade* adalah suatu fungsi kontrol yang terdiri dari dua elemen kontrol dan keluaran dari salah satu kontroler akan menjadi *set point* bagi kontroler yang lain. Dalam hal ini kontroler pertama disebut dengan *primary controller (master)* dan kontroler kedua disebut dengan *secondary controller (slave)*. Keluaran dari *primary controller* akan menjadi *set point* bagi *secondary controller*.^[3]

Sistem ini digunakan ketika terdapat variabel yang saling terkait satu sama lain, yaitu ketika keluaran dari salah satu variabel mempengaruhi nilai dari variabel yang lain. Sehingga hal ini dapat mengganggu proses dan mengurangi efektivitas. Dengan adanya sistem *cascade* ini, maka sebuah sistem dengan kombinasi antar variabel dapat bekerja dengan efektif dan meningkatkan respon atas perubahan pada suatu proses.



Gambar 2.7 Diagram Blok *Cascade Control*

2.5 Sensor dan Transmitter

Setiap variabel proses memiliki elemen tersendiri untuk melakukan proses pengukuran dan transmisi. Pada umumnya untuk melakukan transmisi diperlukan sebuah sensor untuk mengubah suatu besaran fisis satu menjadi besaran lainnya yang dalam hal ini merupakan besaran standar yang dapat berupa tegangan (1 – 5 Volt), arus (4 – 20 mA), maupun tekanan (3-15 psi). Kemudian dari pengukuran dari sensor tersebut akan ditransmisikan oleh sebuah *transmitter* ke kontroler yang akan dibaca sebagai error. Pada dasarnya di dalam *transmitter* terdapat *transducer*. *Transducer* tersebut yang akan mengubah besaran-besaran yang di-*sensing* menjadi besaran standar. Sehingga, dengan ini dapat dikatakan bahwa *transducer* pada *transmitter* ini berupa sensor. Namun perlu diingat bahwa *transducer* tidak hanya berupa sensor. Banyak terdapat *transducer* selain sensor.

Dalam aplikasinya, pemilihan sensor ditentukan oleh spesifikasi dan karakteristik statik dari suatu jenis sensor. Karakteristik sensor tersebut seperti *range*, *span*, akurasi, presisi, sensitivitas, dan lain-lain. Adapun pengertian dari setiap karakteristik statik adalah sebagai berikut:

- a. *Range*
Adalah jangkauan nilai pengukuran terhadap suatu besaran atau variabel proses. Contoh *range* suatu pengukuran temperatur 0 – 100 °C
- b. *Span*
Adalah selisih dari nilai maksimum terhadap minimum. Contoh pada pengukuran tekanan memiliki range 10 – 50 psi, maka, span diperoleh sebesar 40. (50 psi – 10 psi)
- c. Akurasi
Adalah seberapa dekat suatu nilai hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya
- d. Presisi
Adalah seberapa konsisten suatu nilai hasil pengukuran pada satu waktu satu dengan waktu yang lain (pada saat waktu yang berbeda).
- e. Sensitivitas
Adalah seberapa kecil suatu perubahan suatu variabel proses yang dapat diukur sensor.^[9]
- f. Resolusi
Adalah nilai terkecil yang dapat dibaca suatu sensor.

2.6 Modul Relay

Modul *relay* merupakan sebuah *device* yang telah terintegrasi yang berisi *relay* dan rangkaian di dalamnya. Pada umumnya sebuah modul *relay* memiliki jumlah *input* dan *output* yang berbeda. Sebuah modul *relay* dapat berisi satu, dua, bahkan empat *input* dan *output*. Sehingga apabila tersedia modul *relay* dengan *input* dan *output*, maka hanya dibutuhkan satu modul *relay* saja untuk disambungkan ke empat keluaran sebagai aktuator.



Gambar 2.8 Modul *Relay*

Pada dasarnya inti dari suatu modul *relay* adalah *relay* itu sendiri. *Relay* adalah suatu komponen yang memiliki pin untuk fungsi *Coil*, *Com*, *NO*, dan *NC*. *Relay* yang ada di pasaran saat ini memiliki variasi jumlah pin. Adapun pin tersebut dapat berjumlah 8 ataupun 16. Adapun macam-macam *relay* juga ditentukan melalui nilai tegangan yang ada untuk pengaktifan *coil*. Adapun fungsi *relay* yaitu sebagai penyambung dan pemutus tegangan yang melewatinya. Sehingga *relay* juga disebut sebagai saklar otomatis, karena pengaktifannya dengan cara menerima sinyal kontrol.

2.7 LCD 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) ini merupakan suatu *device* untuk menampilkan data berupa tampilan (*display*). LCD yang ada di pasaran terdiri dari berbagai ukuran, seperti 16x2, 16x4, dan lain-lain.



Gambar 2.9 LCD 16x2

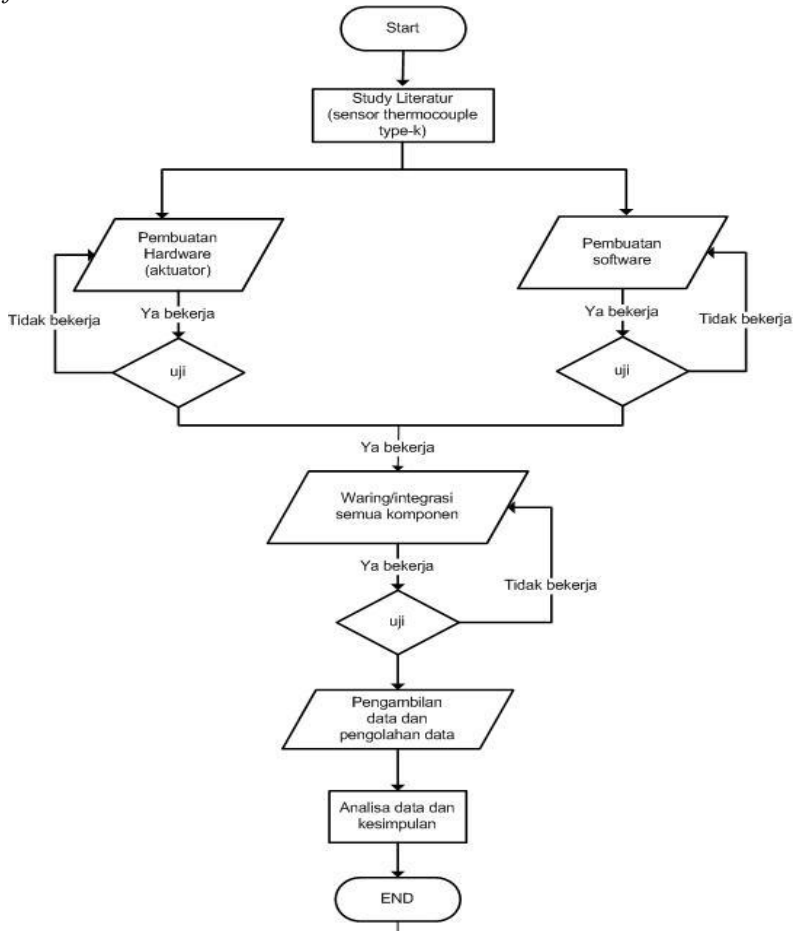
Gambar tersebut merupakan contoh dari LCD dengan ukuran 16 x 2, yang artinya terdiri dari 16 baris dan 2 kolom. Masing-masing baris memiliki alamat memori tersendiri. Kolom pertama 16 segmen \$80H - \$8FH, sedangkan kolom kedua memiliki alamat memori \$0C0H - \$0CFH. LCD membutuhkan tegangan sebagai *power* yaitu sebesar 0 – 5 Volt DC. Tegangan tersebut masuk ke dalam pin 2 (VSS) sebagai GND dan pin 2 (VDD sebagai VCC. Ada pula pin 3 (VEE) untuk mengatur tingkat keterangan cahaya *backlight* yang biasa dilakukan dengan pengaturan resistansi menggunakan potensiometer. Pada rangkaian LCD 16x2 biasanya diberi dioda yang berguna untuk kepentingan *safety*. Selain itu juga terdapat pin RW, RS dan E (*Enable*), pin D0,D1,D2 ... hingga D7 yang terletak pada pin 7 - 14 .

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem pada tugas akhir ini memiliki langkah-langkah sebagai berikut ini yang dibuat dalam bentuk *flowchart* :



Gambar 3.1 *Flowchart* Perancangan Sistem

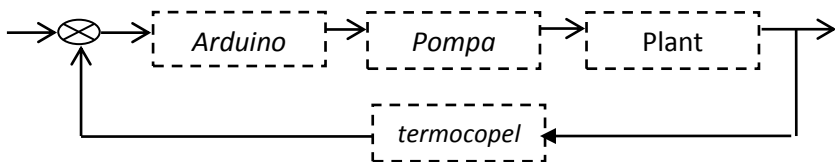
Adapun penjelasan dari langkah-langkah ini yaitu:

1. Studi Literatur
 Studi literatur lapangan yaitu untuk mencari teori-teori yang akan digunakan dan ideal untuk proses pengerjaan tugas akhir. Serta mencari karakter dari sensor dan arduino yang akan digunakan.
2. Pembuatan *Hardware*
 Tahap ini yaitu penyelesaian *plant* biogas. Selanjutnya adalah pemilihan bahan sensor temperatur tepat yang kemudian membuat modul penguatnya dan memasang sensor pada purifikasi biogas. Sebelum terpasang sensor tersebut diuji dengan cara memberi input tegangan sesuai datasheet. Kemudian merancang aktuator terintegrasi terhadap plan purifikasi biogas
3. Pembuatan Software
 Tahap ini yaitu membuat *Kodingan* pada arduino. Setelah dibuat apakah kodingan tersebut dicek bisa atau tidak apabila tidak nanti akan muncul error.
4. Wiring integrasi semua komponen
 Tahap ini adalah Mendownload kodingan ke arduino dan diintegrasikan ke *Hardware* yaitu menghubungkan arduino ke pc untuk mendownload kodingan dan menghubungkan sensor serta aktuator ke arduino. Setelah selesai kemudian di coba dan di uji.
5. Pengambilan Data
 Pengambilan data dilakukan setelah arduino dan *hardware* terintegrasi. Selanjutnya sensor akan membaca temperatur yang kemudian akan dikirim ke arduino dan arduino kan menggerakkan aktuator.
6. Menganalisa data dan menarik kesimpulan dari data pembacaan

3.2 Perancangan Sistem Pengendalian

Dalam rangka untuk memenuhi tugas akhir ini , digunakanlah sistem pengendalian *close loop* dengan mode kontrol *on-off*.

Berikut adalah diagram blok *close loop* sistem pengendalian TEMPERATUR COOLER WATER PADA WATER SCRUBER SYSTEM BIOGAS



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian *Close Loop*

Diagram blok tersebut merupakan sistem dasar dari tugas akhir ini menggunakan elemen kontrol sesuai yang tertera pada blok tersebut. *Feedback* akan diberikan oleh thermocouple untuk melihat error yang ada pada *suhu ang adat*. Dalam hal ini untuk *manipulated variabel* (mv) pada Pompa, berupa digital, yaitu akan berupa nyala atau mati (*high or low*) sesuai dengan kondisi *process variable* (pv) yang ada. yang akan dikontrol dengan mikrokontroler

3.3 Pembuatan Hardware

3.3.1 Biogas

Biogas merupakan suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen . Biogas juga merupakan gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Proses metanisasi menghasilkan gas yang kaya akan metan dan slurry. Gas metan dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkitan energi sedangkan slurry dapat digunakan sebagai kompos.

Biogas dihasilkan dari proses anaerobik dan terdiri dari unsur utama berupa metana(CH_4) dan karbon dioksida(CO_2), dan beberapa unsur yang lain, seperti hidrogen sulfida(H_2S), amonia(NH_3), hidrogen(H_2), nitrogen(N_2), karbon monoksida(CO) jenuh atau terhalo genasi karbohidrat, dan oksigen(O_2). Biogas dapat juga mengandung partikel debu dan siloksan[3]. Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik biasanya sekitar 60- 70 % CH_4 , sekitar 30 -40% CO_2 , kurang dari 1% N_2 , dan sekitar 10 -2000ppm H_2S [4]. Gas metana (CH_4) merupakan unsur primer dan menjadi parameter utama dalam menentukan kualitas hasil produksi pengolahan biogas. Hal ini karena energi yang ada dalam biogas bergantung dari konsentrasi gas metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan gas metana, maka semakin besar kandungan energi kalor pada biogas.



Gambar 3.3 Purifikasi *Biogas Plant*

3.3.2 Sistem Kontrol *temperature*

Sesuai dengan diagram blok sistem pengendalian *close loop*.tersebut, setiap blok memiliki instrumen masing-masing yaitu pada sensor digunakan *termocoupe*l. Untuk kontroler digunakan suatu mikrokontroler yaitu arduino uno. Sedangkan pada *final control element* digunakan pompa.

Berikut adalah penjelasan detail untuk konfigurasi dan integrasi setiap instrumen tersebut:

3.3.3 Termokopel (*Thermocouple*)

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”.

Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan. Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas



Gambar 3.4 *Thermocouple*

3.3.4 Arduino Uno

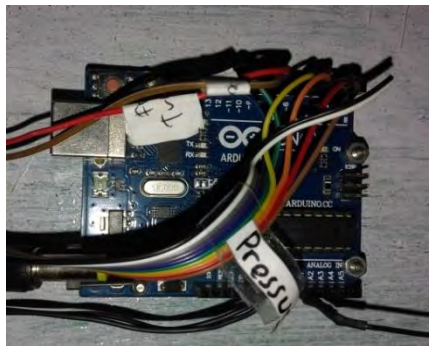
Pada arduino uno ini diakifikan pin pada *power*, *analog input*, dan *digital*. Masing-masing pin tersebut digunakan untuk tampilan LCD, *input* dari *transmitter*, *solenoid valve*, sistem *cascade* ke kontrol kecepatan turbin.

Berikut tabel konfigurasi pin yang digunakan untuk sistem ini:

Tabel 3.1 Konfigurasi MAX6675 dengan Arduino

| Konfigurasi MAX6675 dengan Ardunio | |
|---|-------------|
| Sensor Pin | Pin Ardunio |
| GND | gnd |
| VCC | vcc |
| SO | 8 |
| Cs | 9 |
| Sck | 10 |

Sebagai aktivasi arduino uno ini digunakan *power supply* 5 Volt. Untuk koneksi dari setiap pin terhadap instrumen digunakan sebuah kabel jumper.



Gambar 3.5 Arduino Uno

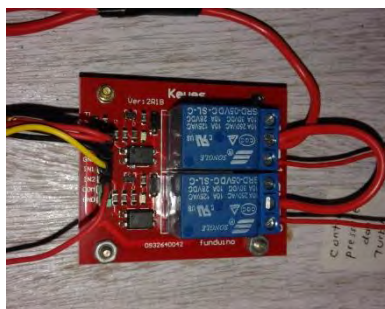
3.3.5XLD Pumps

Pada *final control element* digunakan sebuah pompa yang hanya memiliki kondisi *on* atau *off* saja, yaitu pompa air bertekanan. Pada aplikasi ini, pompa akan aktif (nyala) apabila menerima kondisi *high* dari arduino uno melalui pin digital 7. Sebaliknya pompa akan non aktif (mati) apabila menerima kondisi *low*.



Gambar 3.6 XLD PUMPS

Selain itu dikarenakan *output* tegangan dari arduino uno 5 Volt, sedangkan untuk *pompa* sendiri membutuhkan listrik 12 volt ,maka dibutuhkan sebuah modul *relay* yang dapat mengaktifkan *coil* dari tegangan 5 Volt. Maka dengan demikian digunakanlah modul *relay*ver: 2R1B.



Gambar 3.7 Modul RelayVer: 2R1B

Modul *relay ver: 2R1B* ini memiliki dua input dan dua *relay* sehingga dapat digunakan untuk mengontrol dua keluaran. Pada aplikasi sistem ini, modul *relay* digunakan untuk mengaktifkan *relay 12 Volt*. Sehingga *relay 12 Volt* inilah yang akan disambungkan secara langsung dengan *solenoid valve 2WB-15*. *Coil* dari *relay* ini menerima *input* dari keluaran modul *relay* sebesar 12 Volt. Sedangkan *COM relay* ini menerima tegangan AC yang dialirkan menuju *NO (Normally Open)* sehingga kondisi awal *solenoid valve* *off* (mati).

3.3.6 Indikator

Sebagai indikator dalam pembuatan tugas akhir ini maka digunakanlah LCD 16x2 sebagai penampil nilai *pressure steam output*. Untuk itu diperlukan rangkaian LCD 16x2 yang tersambung dengan arduino uno melalui kabel jumper.

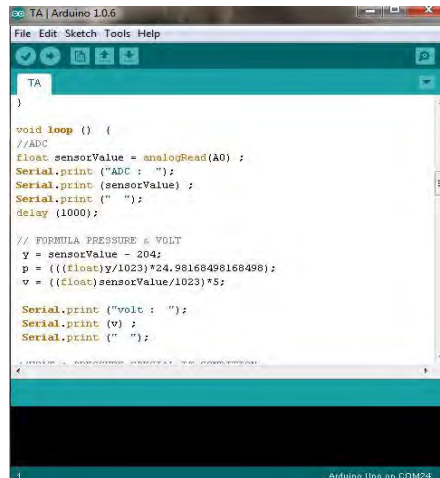
Selain itu juga terdapat indikator lampu kuning dan merah. Lampu kuning mengindikasikan bahwa *solenoid valve* terbuka karena kondisi *pressure* telah terpenuhi. Sedangkan lampu merah mengindikasikan bahwa *solenoid valve* menutup karena nilai *pressure* belum mencapai *set point*.



Gambar 3.8 Indikator LCD 16x2

3.4 Perancangan *Software*

Pada pembuatan tugas akhir ini digunakan suatu *software* penunjang untuk sistem otomasi. *Software* ini bernama arduino dengan versi 1.0.6. Tentunya *software* ini di-*interface*-kan dengan *hardware* arduino uno. Untuk menginstruksi arduino uno sebagai kontroler, dibuat *code* atau *listing program* sesuai dengan instruksi yang ingin diberikan. Berikut pada gambar merupakan cuplikan dari *code* untuk instruksi arduino uno pada tugas akhir ini.



```

TA
}

void loop () {
  //ADC
  float sensorValue = analogRead(A0);
  Serial.print ("ADC : ");
  Serial.print (sensorValue);
  Serial.print (" ");
  delay (1000);

  // FORMULA PRESSURE & VOLT
  y = sensorValue - 204;
  p = (((float)y/1023)*24.98168498168498);
  v = (((float)sensorValue/1023)*5);

  Serial.print ("voltage : ");
  Serial.print (v);
  Serial.print (" ");
}

```

Gambar 3.9 *Code* pada Arduino 1.0.6

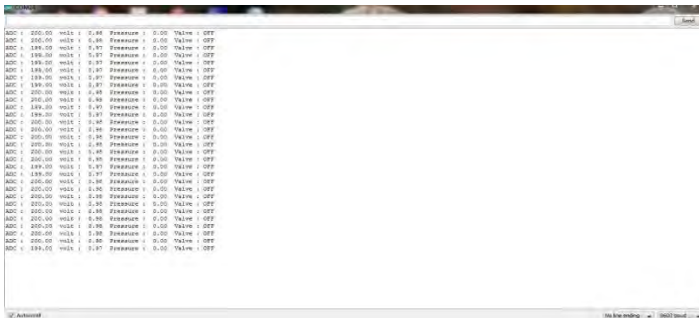
Pemrograman pada arduino ini untuk memperoleh data dari sistem, dipakai empat kategori yang dicari nilainya, yaitu ADC, Volt, *pressure*, dan kondisi *valve*.

- *ADC (Analog to Digital Converter)*
Digunakan untuk menampilkan *sensorValue* dari *pressure transmitter*.
- *Volt*

Dari nilai ADC dari setiap sensor *Value* maka dikonversikan menjadi tegangan 1 – 5 volt

- *temperature*
Dari pengkondisian *sensorValue*, dibuat formula untuk menampilkan nilai dari *temperature* dalam satuan °C (derajat celsius)
- *Kondisi valve*
Kondisi *valve* ini ditulis dalam bentuk digital (ditulis pada *Serial.print*) “ON” atau “OFF”, karena *hardware* yang digunakan yaitu berjenis digital. Untuk pengaktifan *Serial.print* “ON” atau “OFF” ditentukan dengan membuat logika *if* dengan acuan *set point* yang telah ditentukan yaitu $< 15^{\circ}\text{C}$

Data-data tersebut ditampilkan pada serial monitor dengan memilih *Serial port* yang sesuai dengan *COM* yang masuk ke PC.



Gambar 3.10 *Serial Monitor* Arduino 1.0.6

Untuk mengaktifkan *final control element* maka dibutuhkan tegangan *output* menuju modul *relay* yang ditulis dalam bentuk digital (*digital.Write*). Untuk pengkondisiannya, digunakan logika *if* tidak hanya terhadap *set point temperature*, namun juga pada *pin* yang dideklarasikan sebagai *input* yang diperoleh dari mikrokontroler Arduino dari kontrol *temperature*. Kondisi *input* tersebut berupa *digital.Read*. Sehingga kondisi tersebut berupa *LOW* (0) dan *HIGH* (1). Sehingga untuk pengaktifan *final control*

element tersebut mengacu pada logika *if* kedua kondisi tersebut yang dirancang dengan gerbang logika *AND*, yang akan bernilai aktif bila kedua nilai tersebut terpenuhi.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Sensor *Thermocouple*

Berikut merupakan tabel hasil pengujian sensor pada Termokopel yang dibandingkan dengan Termokopel yang standart sebagai acuan dengan satuan °C (derajat celcius) :

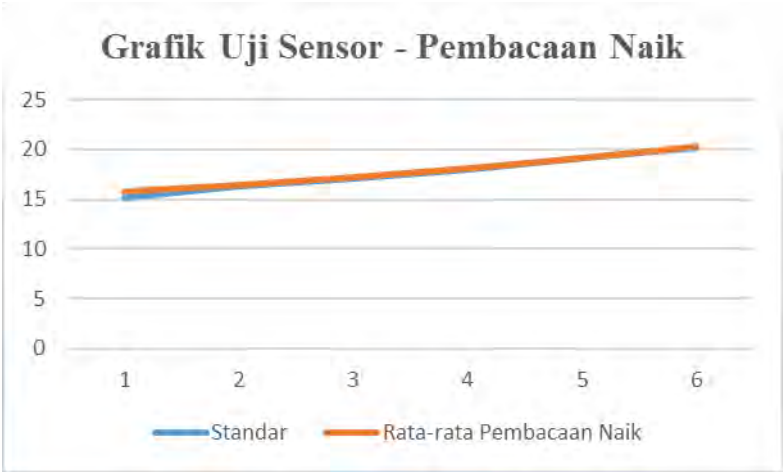
Tabel 4.1 Hasil Uji Sensor Pembacaan Naik

| No | Standar | Rata-rata Pembacaan Naik |
|----|---------|--------------------------|
| 1 | 15,1 | 15,8 |
| 2 | 16,3 | 16,5 |
| 3 | 17,1 | 17,25 |
| 4 | 18 | 18,15 |
| 5 | 19,1 | 19,2 |
| 6 | 20,2 | 20,35 |

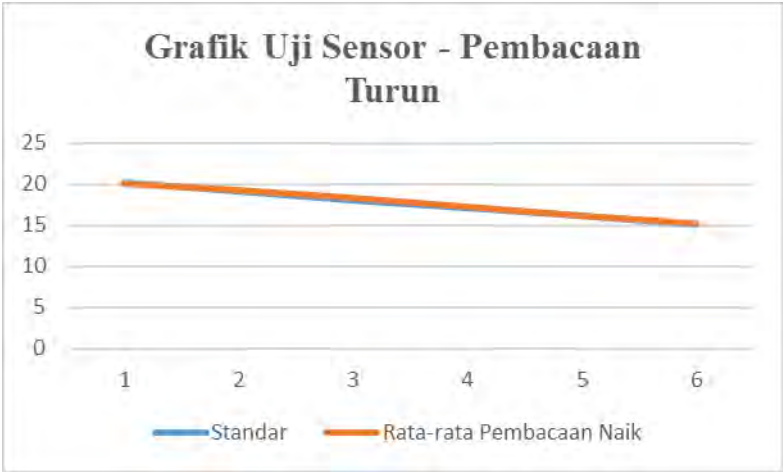
Tabel 4.2 Hasil Uji Sensor Pembacaan Turun

| No | Standar | Rata-rata Pembacaan uurn |
|----|---------|--------------------------|
| 1 | 20,2 | 20,1 |
| 2 | 19,1 | 19,3 |
| 3 | 18 | 18,25 |
| 4 | 17,1 | 17,3 |
| 5 | 16,2 | 16,15 |
| 6 | 15,1 | 15,2 |

Dari data tersebut diperoleh ketidakpastian diperluas (U_{exp}) % sebesar 0,0004279 untuk pmbacaan naik dan 0,0004353 untuk pembacaan turun. Dari data tersebut pula diperoleh grafik seperti berikut baik dalam pembacaan naik maupun turun :



Gambar 4.1 Grafik Uji Sensor – Pembacaan Naik



Gambar 4.2 Grafik Uji Sensor – Pembacaan Turun

Data tersebut merupakan grafik dari uji sensor yang diperoleh dari pembacaan naik dari 15,1 hingga 20,2 dan pembacaan turun dari 20,2 hingga 15,1 dengan satuan °C.

4.2 Pengujian Sistem Pengendalian *Temperature*

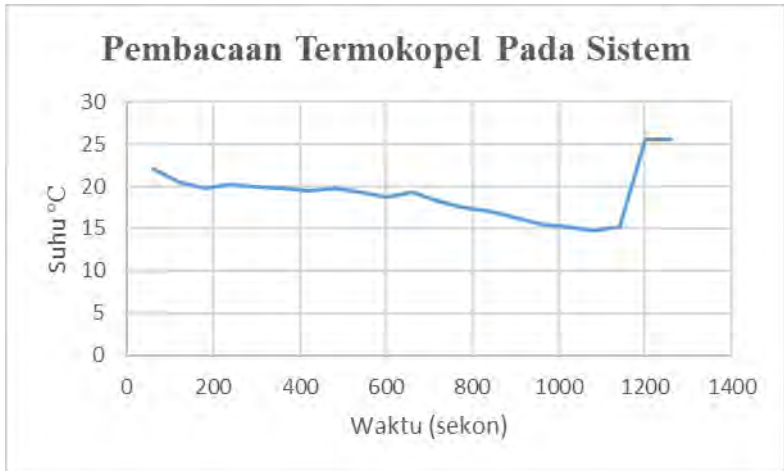
Berikut merupakan hasil pengujian sistem pengendalian *temperature* pada plant biogas.

Berikut adalah data berupa tabel yang terdiri dari pembacaan *thermocople* yang berupa nilai suhu yang dihasilkan, dan suhu yang diambil setiap 60 detik:

Tabel 4.3 Pembacaan *Thermocople* pada sistem

| No | Waktu (s) | Suhu (°C) |
|----|-----------|-----------|
| 1 | 60 | 22 |
| 2 | 120 | 20,5 |
| 3 | 180 | 19,75 |
| 4 | 240 | 20,25 |
| 5 | 300 | 20 |
| 6 | 360 | 19,75 |
| 7 | 420 | 19,5 |
| 8 | 480 | 19,75 |
| 9 | 540 | 19,25 |
| 10 | 600 | 18,75 |
| 11 | 660 | 19,25 |
| 12 | 720 | 18,25 |
| 13 | 780 | 17,5 |
| 14 | 840 | 17 |
| 15 | 900 | 16,25 |
| 16 | 960 | 15,5 |
| 17 | 1.020 | 15,25 |
| 18 | 1.080 | 15 |
| 19 | 1.140 | 14,75 |
| 20 | 1.200 | 25,5 |
| 21 | 1.260 | 25,5 |

Dari tabel tersebut dengan *set point* sebesar $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$ diperoleh grafik hubungan antara *temperature* dengan *set point*. Adapun grafik tersebut seperti berikut ini:



Gambar 4.3 Pembacaan Termokopel Pada Sistem

Selain itu juga diperoleh data respon dari *final control element* berupa bukaan 0 dan 100% dari pompa air setelah mencapai *set point*. Adapun respon *valve* tersebut dibuat dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.4 Respon Pompa air Terhadap Nilai *Temperature*

| <i>Temperature</i> (°C) | Respon Pompa (%) |
|-------------------------|------------------|
| <15 | 100 |
| >15 | 0 |

Data tersebut menunjukkan bahwa pompa air akan membuka 100% dan menghisap air *output cooler water* bila *temperature* berada di atas *set point* sesuai yang ditentukan yaitu $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Begitupun sebaliknya, pompa air akan menutup 0 % bila *temperature* dibawah *set point*.

4.3 Pembahasan

Pada tugas akhir sistem pengendalian *temperature cooler water* ini didapat dua data mengenai pembacaan *termocouple* dan respon dari pompa air sebagai *manipulated variable*. Sistem pengendalian temperatur cooler water ini menggunakan kontroller arduino dengan sensor termokopel type-K yang menggunakan amplifier max 6675 sebagai pengondisian sinyalnya. Sistem pengendalian temperatur menggunakan *close loop* kontrol atau pengendalian tertutup yang memiliki feedback, sedangkan aktuaternya menggunakan pompa air *on-off*. Supply yang digunakan 12Vdc untuk arduino dan pompa air, di dalam sistem pengendalian ini terdapat juga *cooler water* yang berhubungan dengan temperatur.

Temperature mengalami penurunan setiap penambahan waktu dikarenakan *cooler water* yang terus menurunkan suhu. Semakin lama air berada di dalamnya *temperature* air akan semakin turun. Proses pendinginan dalam *cooler water* membutuhkan waktu yang lama. Proses pendinginan pada saat *running* alat membutuhkan waktu 20 menit dikarenakan suhu di desa Nongkojajar rendah dan mempercepat proses pendinginan menuju *set point*. *Set point* yang telah ditentukan yaitu $< 15^{\circ}\text{C}$. Pemilihan *set point* ini dikarenakan menyesuaikan dengan keterlarutan zat beracun biogas yang ada, karena semakin rendah *temperature* gas methan akan semakin murni. *Set point* dibatasi 15°C dikarenakan jika dibiarkan terus air akan menjadi es dan tidak akan bisa untuk *purifikasi* biogas, mula dari itu diperlukan sistem pengendalian didalamnya untuk mengatur *temperature* didalamnya.

Setelah *temperature* didalam *cooler water* tersebut mencapai *set point*, *aktuator* akan menyala untuk mengisi *storage* air dan air *cooler water* akan terisi kembali otomatis dan mendinginkan air kembali. Saat mendinginkan kembali sensor membaca *temperature* air yang masuk dan jika tak sesuai *set point* pompa

sebagai aktuator akan mati. Adapun respon dari pompa air sebagai *final control element* memberikan respon yang sangat peka. Dari keseluruhan *running* sistem secara umum, sistem pengendalian ini berjalan normal setiap instrumen dan elemen kontrolnya. Hanya terdapat kendala secara proses yang harus menyesuaikan dengan sistem kontrol yang ada.

LAMPIRAN

Data sheet K-type Thermocouple max6675

K-type thermocouple memiliki range pembacaan 0°C – 400 °C dan penguat atau pengkondisian sinyal MAX6675 memiliki range untuk termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0 C sampai +1023,75 C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20 C sampai +85 C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*. Device mengkonversi temperature ambient yang terjadi ke bentuk tegangan menggunakan sensor temperature diode. Untuk dapat melakukan pengukuran actual, MAX6675 mengukur tegangan dari output termokopel dan tegangan dari sensing diode.

Performance optimal MAX6675 dapat tercapai pada waktu termokopel bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki temperature yang sama. Hal ini untuk menghindari penempatan komponen lain yang menghasilkan panas didekat MAX6675.

Konversi Temperatur

Untuk mendapatkan nilai suhu pada termokopel tipe-K, perubahan tegangan sebesar 41µV/C dengan menggunakan pendekatan karakteristik dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) 5 (T_R - T_{AMB})$$

Dengan:

$$V_{OUT} = \text{Voutput termokopel } (\mu V)$$

T_R adalah temperatur remote junction (°C)

T_{AMB} adalah temperature ambient (°C)

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI[®]-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5°C for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 5-pin SO package.

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

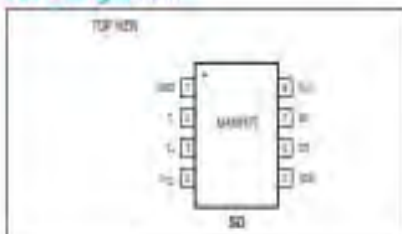
Features

- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

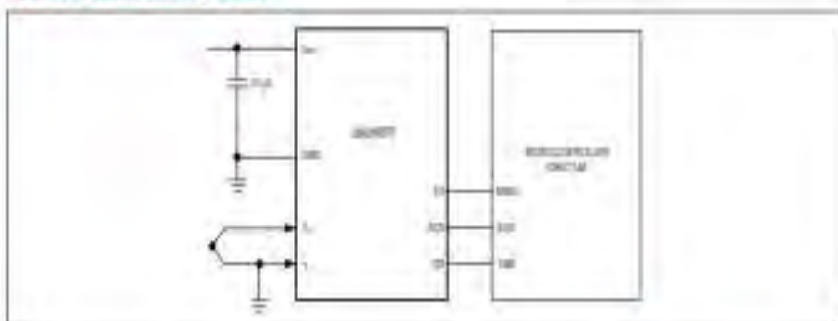
| PART | TEMP RANGE | PIN-PACKAGE |
|------------|-----------------|-------------|
| MAX6675ISA | -20°C to +185°C | 5 SO |

Pin Configuration



SPI is a trademark of Atmel, Inc.

Typical Application Circuit



Absolute Maximum Ratings

| | |
|--|--------------------------|
| Supply Voltage (V_{CC} to GND) | -0.3V to +6V |
| SD, SCK, CS, T+, T- to GND | -0.3V to $V_{CC} + 0.3V$ |
| SD Current | 50mA |
| ESD Protection (Human Body Model) | ±2000V |
| Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$) | |
| 8-Pin SO (derate 5.6mW/°C above +70°C) | 47 mW |
| Operating Temperature Range | -20°C to +85°C |

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Storage Temperature Range | -55°C to +150°C |
| Junction Temperature | +150°C |
| SO Package | |
| Vapor Phase (30s) | +215°C |
| Infrared (15s) | +220°C |
| Lead Temperature (soldering, 10s) | +300°C |

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device is not guaranteed if these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum-rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

($V_{CC} = +3.0V$ to +5.5V, $T_A = -20^\circ\text{C}$ to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|----------------------------------|-------------------|--|-------------------------|------|-------|-----------------------|--------|
| Temperature Error | | THERMOCOUPLE = +700°C, T _A = +25°C (Note 2) | V _{CC} = +3.3V | -8 | | +8 | LSB |
| | | | V _{CC} = +5V | -6 | | +6 | |
| | | THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2) | V _{CC} = +3.3V | -8 | | +8 | |
| | | | V _{CC} = +5V | -9 | | +9 | |
| | | THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2) | V _{CC} = +3.3V | -17 | | +17 | |
| | | V _{CC} = +5V | -19 | | +19 | | |
| Thermocouple Conversion Constant | | | | | 10.25 | | µV/LSB |
| Cold-Junction Compensation Error | | T _A = -20°C to +85°C (Note 2) | V _{CC} = +3.3V | -3.0 | | +3.0 | °C |
| | | | V _{CC} = +5V | -3.0 | | +3.0 | |
| Resolution | | | | | 0.25 | | °C |
| Thermocouple Input Impedance | | | | | 80 | | kΩ |
| Supply Voltage | V _{CC} | | | | 3.0 | 5.5 | V |
| Supply Current | I _{CC} | | | | 0.7 | 1.5 | mA |
| Power-On Reset Threshold | | V _{CC} Rising | | 1 | 2 | 2.5 | V |
| Power-On Reset Hysteresis | | | | | 50 | | mV |
| Conversion Time | | (Note 2) | | | 0.17 | 0.22 | s |
| SERIAL INTERFACE | | | | | | | |
| Input Low Voltage | V _{IL} | | | | | 0.3 × V _{CC} | V |
| Input High Voltage | V _{IH} | | | | | 0.7 × V _{CC} | V |
| Input Leakage Current | I _{LEAK} | V _{IN} = GND or V _{CC} | | | | ±5 | µA |
| Input Capacitance | C _{IN} | | | | | 5 | pF |

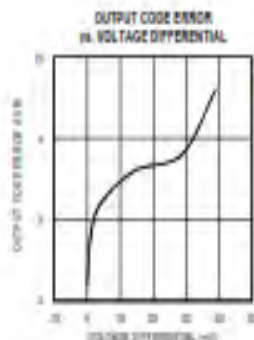
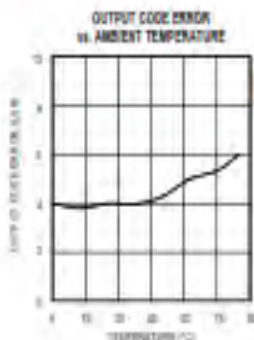
Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----|-----|-------|
| Output High Voltage | V _{OH} | I _{SOURCE} = 1.6mA | V _{CC} - 0.4 | | | V |
| Output Low Voltage | V _{OL} | I _{SINK} = 1.6mA | | | 0.4 | V |
| TIMING | | | | | | |
| Serial Clock Frequency | f _{SCL} | | | | 4.3 | MHz |
| SCK Pulse High Width | t _{CH} | | 100 | | | ns |
| SCK Pulse Low Width | t _{CL} | | 100 | | | ns |
| CSB Fall to SCK Rise | t _{CSB} | C _L = 10pF | 100 | | | ns |
| CSB Fall to Output Enable | t _{OV} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |
| CSB Rise to Output Disable | t _{OH} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |
| SCK Fall to Output Data Valid | t _{DO} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T₋ must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1μF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

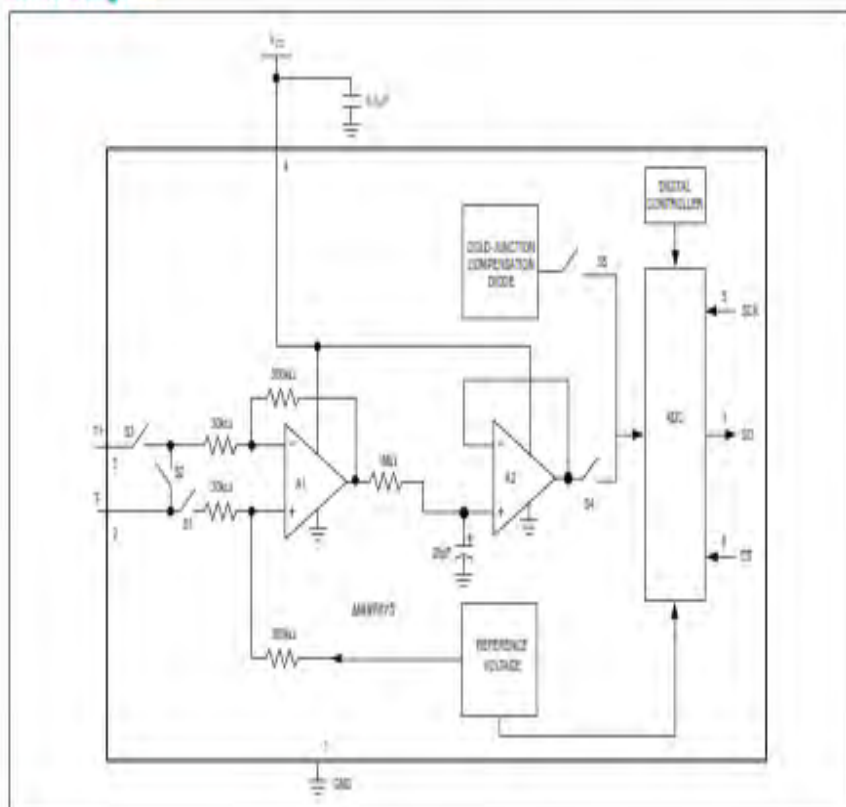
The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS

Block Diagram



Package Information

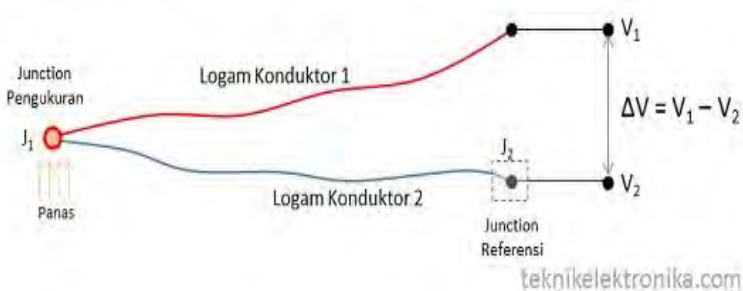
For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "+", "H", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

| PACKAGE TYPE | PACKAGE CODE | OUTLINE NO. | LAND PATTERN NO. |
|--------------|--------------|-------------|------------------|
| 8 SO | SO+2 | 21-0041 | 90-0096 |

Prinsip Kerja Termokopel (Thermocouple)

Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

Termokopel (Thermocouple)



ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1\ \mu\text{V} - 70\ \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius.

- **Termokopel Tipe K**

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel-Aluminium

Program sensor di kontrol arduino adalah sebagai berikut :

```
// this example is public domain. enjoy!  
// www.ladyada.net/learn/sensors/thermocouple
```

```
#include <max6675.h>  
#include <LiquidCrystal.h>  
LiquidCrystal lcd (12, 11, 5, 4, 3, 2);  
int ktcCS = 9;  
int ktcSO = 8;  
int ktcCLK = 10;  
int pompa1 = 13;
```

```
MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO);
```

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:
```

```
  Serial.begin(9600);  
  // give the MAX a little time to settle  
  delay(5000);  
}
```

```
void loop() {  
  //put your main code here, to run repeatedly:  
  Serial.print(ktc.readCelsius());  
  Serial.println("");  
  //Serial.println( ktc.readFahrenheit());  
  //Serial.print("Deg F = ");
```

```
  lcd.print(ktc.readCelsius());  
  lcd.setCursor(0,1);
```

```

lcd.print("Deg C = ");

delay(5000);

if(ktc.readCelsius() < 15)
{
    digitalWrite(pompa1,HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(pompa1,LOW);
}
}
}

```

Bagian-bagian dari papan Arduino

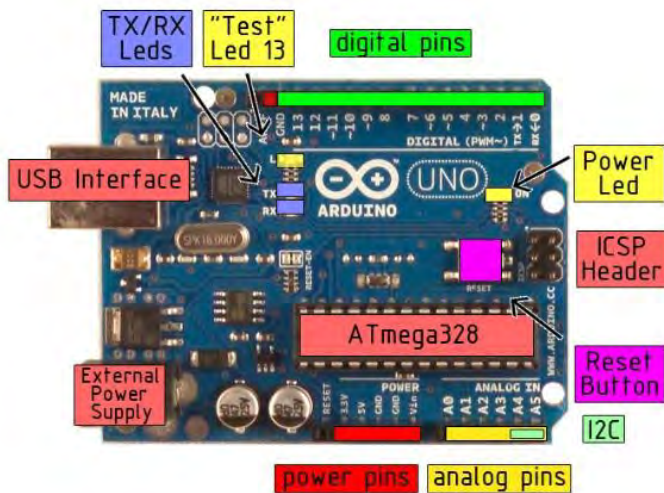
Penjelasan bagian-bagian papan ini mengambil sebuah contoh papan Arduino jenis Arduino Uno SMD. Bagian-bagian tersebut adalah:

- a. 14 pin I/O digital termasuk di dalamnya 6 pin untuk keluaran PWM (pin 3,5, 6,9,10,11)
- b. USB berfungsi untuk memuat program dari komputer dan juga sebagai alat komunikasi serial antara Arduino dengan komputer, serta sebagai supply listrik bagi papan
- c. 6 Power pin yang terdiri dari :
 - I. Vin yang berfungsi sebagai daya masukan bagi papan jika menggunakan sumber selain dari USB.
 - II. GND yang berfungsi sebagai pin Ground.
 - III. 5V yang berfungsi sebagai pin daya baik itu yang berasal dari USB maupun dari Vin atau Jack
 - IV. 3.3V yang berfungsi sebagai pin daya 3.3 v sebagai hasil regulator
 - V. RESET
- d. 6 pin Input analog. (A0-A5). pin A4 dan A5 juga bisa digunakan untuk komunikasi I2C.

- e. ICSP (*In-Circuit Serial programming*) yaitu fasilitas pemrograman mikrokontroler secara langsung tanpa melalui bootloader
- f. pin ARef yang digunakan sebagai *voltage reference* bagi input analog
- g. Mikrokontroler ATmega 328 yang memiliki memory 32 KB dengan 2 KB
- h. SRAM dan 1 KB EEPROM



| | |
|-----------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Telah tercipta rancang bangun sistem pengendalian *temperature cooler water* pada *water scrubber system* biogas
2. Pada pengendalian temperatur digunakan sensor K-type thermocoupeL dengan range pembacaan 0°C - 400°C dan menggunakan pengkondisian sinyal MAX6675 .
3. Pengendalian temperatur menggunakan termokopel,arduino sebagai kontroler,pompa air sebagai aktuatur dengan set point pengendalian < 15°C
4. Sistem pada plan menggunakan sistem kontrol *on – off*.

4.2 Saran

Adapun saran dari hasil pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Untuk penggunaan sensor dengan jarak yang jauh bisa mengurangi arus yang mengalir dan mengakibatkan error pembacaan sebaiknya diberi kapasitor
2. Untuk pembuatan sistem kontrol dari suatu *plant* perlu ditinjau kembali tentang arus yang digunakan dan memastikan bahwa meminimalisir adanya *loss* arus.
3. Untuk tampilan visual agar lebih menarik dan mempermudah memantau sistem, lebih baik ditambahkan HMI.
4. Untuk variabel temperature butuh proses yang cukup lama dikarenakan dari variabel temperature responnya sangat lama

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, Dirga Wahyu. 2015. *Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperature Steam Output Boiler Berbahan Bakar Gas LPG Pada Mini Power Plant di Workshop Instrumentasi*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [2] Kementrian ESDM,(2013)Supply Demand Energy Pusat dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian ESDM .Jakarta
- [3] Gunterus F, "Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses", Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994
- [4] [http://teknik elektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dam-prinsip-kerjanya/](http://teknik_elektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dam-prinsip-kerjanya/) (Diakses tanggal 14 Januari 2016)
- [5] Abdurrahkhman, Arief dkk 2013, Rancang Bangun Alat Purifikasi Biogas Dengan Menggunakan CaO dan *Water Scrubber*. Seminar Nasional Pascasarjana 2013 ITS Surabaya